Radioaktivität einiger Schweizergesteine : dritter Teil

Autor(en): **Hirschi, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **1 (1921)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-1600

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Radioaktivität einiger Schweizergesteine.

Dritter Teil.

Von
H. Hirschi, Braunwald (Glarus).

Motto: Alle Vorgänge in der Natur sind in letzter Linie physikalische Prozesse. Je mehr Kenntnisse in der Physik der Naturforscher, sei er Mineraloge, Geologe, Botaniker etc., besitzt, um so sicherer arbeitet er in seinem Gebiet.

Ueber den Inhalt des ersten und zweiten Teiles — erschienen in der Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, LXV (1920) — ist ein Inhalts- und Korrekturverzeichnis als Anhang gegeben. Nunmehr werden in diesem Teil elektrometrische Meßresultate veröffentlicht, die an den festen Gesteinspulvern und deren Lösungen gewonnen wurden. Hieraus ergibt sich dann der Gehalt an radioaktiven Stoffen.

Bei der Erforschung der Radioaktivität der Gesteine ist es sehr wichtig, daß das Beobachtungsmaterial nach ganz bestimmten Gesichtspunkten gesammelt wird, denn in diesem Grenzgebiet zwischen Physik einerseits und der Petrographie und Geologie anderseits müssen systematisch gemeinsame Richtlinien angestrebt werden. In dieser Hinsicht ist vielleicht ziemlich viel Arbeit geleistet worden, der ein begründeter Plan fehlt.

Die verschiedenen verdienstvollen Sammelwerke über den Gehalt der Erdrinde oder gewisser Gesteinsgruppen an radioaktiven Elementen enthalten daher noch viel systemloses Material. Dem Petrographen und Mineralogen wird dies sicherlich am ehesten zum Bewußtsein kommen. Es genügt nicht, die auf Aktivität untersuchten Gesteine nach gewissen Gesteinsklassen wie Granite, Gabbro, Gneise, kristalline Schiefer, Kalk- und Sandsteine usw., oder Sedimente verschiedenen Alters und topographischer Tiefenlage zu unterscheiden, und sie z. B. nicht einmal einer mikroskopischen Diagnose zu unterziehen. Vielmehr müssen die Meßresultate den jetzt üblichen Einteilungsprinzipien in der Petrographie und Erzlagerstätten-

lehre zugeordnet werden. Zur Auffindung von Gesetzmäßigkeiten in der Verbreitung radioaktiver Stoffe kann man sich zunächst nur mit ihren primären Lagerstätten befassen. Dabei herrschen durchaus die in der Erzlagerstättenlehre aufgestellten genetischen Anschauungen und Tatsachen, welche auch durch die chemische Petrographie ihre Stütze finden.

In den Eruptiva ist z. B. nicht allein die Azidität maßgebend für den Gehalt an Uran und Thorium und deren Folgeprodukte, sondern auch die petrographische Provinz mit ihren Differentiationen, ihren verschieden tief gelegenen ursprünglichen Magmaherden mit zum Teil randlichen Einschmelzungen, ihren pneumatolytisch-hydrothermalen Vorgängen usw. Durch diese letztern Vorgänge sind die wesentlichsten primären und technisch wichtigen Lagerstätten von radioaktiven Erzen entstanden. Der in den Eruptivgesteinen im allgemeinen so äußerst geringe Gehalt an diesen Erzen entspricht u. a. der geringen Löslichkeit dieser Erze in den ursprünglichen Magmen, die überdies umso geringer wird, je basischer die Magmen waren. Da nun die sauren, leichten Eruptiva vorwiegend die Lithosphäre (Sal) aufbauen, darf man annehmen, daß die Hauptmasse der radioaktiven Elemente an diese Zone geknüpft ist. Das will nun aber nicht etwa heißen, daß diese stets nur an die Lithosphäre gebunden waren, nein, sie werden aus großen Tiefen in Form von Lösungen hinaufgewandert sein, während z. B. die schwer angreifbaren Platinmetalle und die in großem Ueberschuß vorhandenen Metalle wie Eisen, Chrom, Nickel usw. in den Tiefen sich anreicherten.

Wir müssen an diesen vorausgeschickten Gesichtspunkten festhalten, denn sie sind maßgebend bei einer systematischen Erforschung der Erdrinde auf radioaktive Stoffe.

Messung der Radioaktivität an Gesteinspulvern.[1]

Die Aktivität durch α-Strahlung eines Gesteinspulvers in α-satter Schicht läßt sich bei gegebenem oder angenommenem Gehalt an Uran und Thorium, beide im Gleichgewicht mit ihren Folgeprodukten, rechnerisch ungefähr ermitteln. Der Gleichgewichtszustand in der Uran-Radiumreihe ist bei Einsetzen einer Halbwertzeit (T) des langlebigsten Folgeproduktes unter ihnen, nämlich des Ioniums $T = 10^5$ Jahre in einer Million Jahre bis auf zirka 1 ‰ erreicht. Die Thoriumreihe erreicht dagegen schon nach 67 Jahren diesen Gleichgewichts-

[1] Vergl. auch den zweiten Teil dieser Arbeit.

zustand, da hier das langlebigste Zerfallprodukt, das Mesothorium I eine T von 6, 7 Jahren hat.

In den uns hier beschäftigenden Schweizergesteinen wird auch in der Uranreihe der Gleichgewichtszustand praktisch erreicht sein; denn selbst in den jüngsten unter ihnen, den tertiären Bergellergraniten, dürfte seit einer Million Jahren kein Uran ohne Zerfallsprodukte mehr hinzugekommen sein. — Eine Berechnung der Gesteinspulveraktivität soll hier als Beispiel entwickelt werden.

Annahmen: Das Gestein enthalte $1{,}51 \times 10^{-5}$ gr Uran (entsprechend 5×10^{-12} gr Radium) und ebensoviel Thorium pro Gramm Gestein. Dann werden durch die verschiedenen α-Strahlen der Uranreihe auf ihrer ganzen Reichweite folgende Ionisationen (Ionenpaare) erzeugt:

Uran I + II	$= 2{,}53 \times 10^5$
Ionium	1,38
Radium	1,45
Ra Em	1,69
Ra A	1,84
Ra C	2,37
Ra F	1,60
Total	$12{,}86 \times 10^5$ Ionenpaare.

$$\frac{U_I + U_{II}}{U_I + U_{II} + \ldots \text{Ra F}} = \frac{2{,}53}{12{,}86} = 0{,}197$$

d. h. Uran im Gleichgewicht erzeugt

$$\frac{1}{0{,}197} = 5{,}08$$

mal mehr Ionenpaare und entsprechend stärkere Ionisation wie $U_I + U_{II}$ allein.

1 cm² reines U I + U II in α-satter Schicht gibt eine Ionisation von $2{,}04 \times 10^{-3}$ ESE, im Gleichgewicht daher $10{,}36 \times 10^{-3}$ ESE. Nach den neuesten Beobachtungen erzeugt die Uran-Radiumseitenkette des Protaktiniums sehr nahe dieselbe Ionisation, und ebenso darf man die Ionisation der Thoriumreihe von gleichem Werte setzen. Ein Gestein mit $1{,}51 \times 10^{-5}$ gr Uran und ebensoviel Thorium würde daher pro cm² in α-satter Schicht eine Aktivität von $1{,}565 \times 10^{-7} \times 3 = 4{,}695 \times 10^{-7}$ ESE erwarten lassen. Bei unsern Messungen dienten 152 cm² strahlende Fläche, was einer Ionisation von zirka $7{,}1 \times 10^{-5}$ ESE gleichkommen würde. Als Vergleichspräparat diente in unserem Fall sorgfältig gereinigtes U_3O_8 (nach der Methode von Hönigschmid), welches in unserer Meßanordnung pro cm² in α-satter Schicht eine Ionisation von $1{,}521 \times 10^{-3}$ ESE erzeugte. Bei voller Ausnutzung sämtlicher erzeugten Ionen sollten $1{,}73 \times 10^{-3}$ ESE beobachtet werden,[1] was aber bei der verwendeten Ionisationskammer nicht erreicht werden kann. In der nachfolgenden Zusammenstellung ist als Vergleichswert $1{,}521 \times 10^{-3}$ ESE eingesetzt. Der atmosphärische Druck war

[1] Nach St. Meyer und F. Paneth.

im Mittel 645 mm. Sowohl für das Vergleichspräparat als für die Gesteinspulver war Sättigungsstrom gewährleistet.

Diese Messungen an Gesteinspulvern haben einen bloß orientierenden Wert, da sie zu sehr von allerlei, oft ganz zufälligen Faktoren abhängen. Es können z. B. gerade sehr aktive Kerne an der Oberfläche der Pulverschichten zu liegen kommen oder nicht, dann ist die Aktivität, die hier gemessen wird, eine so geringe, daß Veränderungen in der natürlichen Zerstreuung während der Messung großen Einfluß auf das Meßresultat haben können. Ganz besonders störend wirken die bald mehr bald weniger von den Gesteinspulvern abgegebenen Emanationen und ihre aktiven Niederschläge. Durch vorheriges Glühen der Präparate kann man nur die gerade am wenigsten störende Radiumemanation beseitigen, während die sehr kurzlebigen Emanationen von Aktinium und Thorium sofort nachgebildet sind. Die in Abzug zu bringende natürliche Zerstreuung des Systems ist jedenfalls erst sofort nach Herausnahme des gemessenen Präparates zu bestimmen. Sie ist meist erheblich größer als die vor Einführung der Gesteinspulver gefundene.

Da z. B. ein α-Strahl des Radiums auf seiner ganzen Weglänge von 3,52 cm in Luft (760 mm 15°) 145 000 Ionenpaare erzeugt mit ebensoviel Elementarladungen ($4{,}77 \times 10^{-10}$ ESE) ergebend je $6{,}90 \times 10^{-5}$ ESE, so ist dies annähernd soviel als der Ionisationseffekt des kräftigsten, nachstehend aufgeführten Gesteinspulvers von 152 cm^2 Oberfläche. Bei diesem würde also, gerechnet auf 152 cm^2 strahlende Fläche, bei Vernachlässigung der Ionisation durch β und γ-Strahlen je ein α-Strahl pro Sekunde austreten, oder entsprechend mehr, wenn nur Bruchstücke von ganzen Weglängen (Reichweiten) von α-Strahlen in Betracht gezogen werden.

Während der Meßzeit können daher auch hier praktisch Schwankungen auftreten, da die α-Strahlenemission in diesen Fällen nur für eine längere Zeitspanne einem konstanten mittleren Wert zustrebt.

Bei großen Gesteinsoberflächen, wie sie in den kahlen Gebirgen auftreten, kann die vom Gestein verursachte Ionisation der Atmosphäre, neben der Ionisation durch die Emanationen, welche speziell durch Vermittlung des Wassers an die Atmosphäre abgegeben werden, erhebliche Werte erreichen. In der Nebelbildung und anderen atmosphärischen Erscheinungen wird diese Ionisation teilweise die Ursache sein.

Zusammenstellung A.

Gestein (Die römischen Zahlen entsprechen denjenigen der Gesteine im I. Teil.)	Strahlende Oberfläche der α-satten Pulverschicht in cm^2 [1]	Gesamtionisationseffekt in elektrostatischen Einheiten pro 1 cm^2	Ionisationseffekt vorwiegend durch β-Strahlen [2]	Apparaturkonstanten etc.
III. Normaler Kalisyenit mit gelb. Feldspäten v. Val Val. Giufstöckli	152	$\int 4{,}97\times10^{-7}$ ESE $\backslash 3{,}40$	ca. $0{,}85\times10^{-7}$	**Kapazität** des Elektrometersystem: 3,8 cm **Empfindlichkeit:** 1 Skalenteil = 1,294 V. **Dimension der Ionisationskammer**: Durchmesser 15 cm, Höhe 10,8 cm **Aufladespannung:** 200 bis 230 Volt
VI. Granit v. Val Placi b. Disentis (Gang nahe der radioaktiven Quelle)	idem	$2{,}90\times10^{-7}$	ca. $0{,}30\times10^{-7}$	
V. Hauptgranit nahe der radioaktiven Quelle im Val Placi	idem	$1{,}23\times10^{-7}$	ca. $0{,}30\times10^{-7}$	
XII. Ganggestein i. Bergellergranit Albigna-Gletscher, Bergell	idem	$2{,}77\times10^{-7}$	ca. $0{,}70\times10^{-7}$	
XI. Granit v. P. Murtaira, Bergell	idem	$1{,}60\times10^{-7}$		
XIV. Granit v. Cacciabella, Bergell	idem	$1{,}50\times10^{-7}$		
X. Porphyrartiger, basischer Biotitgranit Sass Fora, Bergell	idem	$1{,}41\times10^{-7}$		
VII. Hauptgranit vom Piz Badile Sass Fora, Bergell	idem	$1{,}34\times10^{-7}$		
Orthit aus XII	0,4462	$4{,}72\times10^{-5}$		
Vergleichspräparat reinstes U^3O^8	0,0909	$1{,}5210\times10^{-3}$ [3]		

[1] Das Pulver war aufgeschwemmt auf je 3 Aluminiumschälchen von 6 cm Durchmesser und 3 mm Randhöhe und eine ringförmige Schale von Günther u. Tegetmeyer, Braunschweig von 11,3 cm Durchmesser, 6,1 cm Ausschnitt und 2 mm Randhöhe.

[2] Abschirmung der strahlenden Flächen durch 0,32 mm starkes Papier.

[3] 1 cm^2 einer α-satten Schicht reinsten (UX-freien) U_3O_8 ergibt, einseitig gemessen, bei voller Ausnutzung der erzeugten Ionisation (es werden nur α-Strahlen emittiert) ein Stromaequivalent von $1{,}73\times10^{-3}$ ESE. In unserer Meßanordnung geht durch Randabschirmung am Präparat und durch die nahen Gefäßwände ein Teil der Reichweiten der α-Strahlen verloren, womit ein entsprechender Ionisationsverlust von zirka 11,4 % entsteht. Die Aktivität der obigen Gesteinspulver, verglichen mit reinstem U_3O_8 und voller Ausnutzung der α-Ionisation wäre mithin um diesen Wert zu erhöhen. Relativ sind indessen obige Werte richtig, da Randabschirmung etc. nahezu analog gestaltet wurde.

Messungen der Radioaktivität an Gesteinslösungen.

Ueber die Meßanordnung wird auf den zweiten Teil verwiesen.[1] Als Vergleichspräparat diente am besten ein wohldefiniertes frisches Stück Uranpecherz von Morogoro (Südwestafrika) mit einem Gehalt von $2{,}529 \times 10^{-7}$ gr Radium pro gr Mineral. Der Nichtphysiker bedient sich am sichersten eines solchen Vergleichspräparates, da es ihn von vielen möglichen Fehlerquellen, speziell in den Apparaturkonstanten, bewahren kann, außerdem andern Forschern die Möglichkeit für Kontrolle und Vergleiche gibt. Es muß aber ganz besonders darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Aktivität der verwendeten Vergleichslösung von derselben Größenordnung sein sollte wie die der zu untersuchenden Gesteine, um konforme Sättigungsverhältnisse des Ionisierungsstromes zu haben.

Die Vergleichslösung wurde durch Auflösen des Uranerzes in konzentrierter, reinster Salpetersäure unter nachherigem Zusatz von etwas reinster Salzsäure und einigen Tropfen Bariumchloridlösung hergestellt. Letzterer Zusatz zur Beseitigung allfälliger Spuren von Schwefelsäure, welche das Radium ausfällen könnte. Es wurde 1 gr Uranpecherz aufgelöst und auf genau 100 ccm Volumen gebracht. Hiervon wurde mit geeichten Pipetten meist 10 ccm entnommen und alsdann durch destilliertes angesäuertes Wasser auf 1000 ccm verdünnt. Ein ccm dieser Lösung enthielt dann $2{,}529 \times 10^{-11}$ gr Radium. Nimmt man 10 ccm für die Quirlflasche, so ergibt sich für die sauren Eruptivgesteine, wenn 25—50 gr Gestein aufgeschlossen werden, eine passende Vergleichslösung. Die Flüssigkeitsmenge in der Quirlflasche wurde stets auf etwa 500 ccm gebracht. Außer mit Flußsäure wurden noch einige Gesteine mit Alkalikarbonaten aufgeschlossen.[2]

Die natürliche Zerstreuung wurde stets durch Blindversuche mit destilliertem Wasser ermittelt. Das kräftige Quirlen und Schütteln dauerte jeweils eine Viertelstunde, worauf, um eine bestimmte Verteilung des aktiven Niederschlages zu er-

---

[1] Was hier noch folgt sind Ergänzungen oder nachträgliche Abänderungen in den Meßverfahren.

[2] Siehe Mache und Bamberger. Sitzungsber. Wien. Bd. CXXIII Abt. II a. Febr. 1914.

E. H. Büchner. Jahrb. der Rad. u. Elektr. 1913.

halten, die Wandung des isoliert aufgestellten Ionisationsgefäßes während der vierstündigen Wartezeit an -200 Volt Normalelemente (Krügersche Batterien) gelegt blieb, resp. dessen Innenelektrode an $+200$ Volt.

(Fortsetzung folgt.)